中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 34～45 (2000)

外來白胚乳玉米自交系間F_1雜種後裔之產量潛能探討[1]

謝光照　何千里　盧煌勝[2]

摘要：本研究以7個外來自交系間相互雜交而成的21個F_1雜種，及自然授粉之台南白族群爲對照種，分別於1995年春(3月28日)、夏(5月8日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)於農試所試驗田進行試驗，以探討外來種源自交系間F_1雜種之產量潛能。結果顯示，外來自交系種源之F_1雜種後裔，一般具有較多之行數，較粗之穗徑及較小之百粒重及百粒體積之遺傳特性。其產量表現，在夏作則僅有部份F_1雜種與台南白相近；但在春作、秋作及多裡作環境下，大部份F_1雜種其乳熟期之鮮果穗重及生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重均較對照種高產，特別是秋作及冬季裡作更爲突出。經四期作之比較，顯示外來種源所表現之產量雜種優勢對國內玉米改良深具應用價值。

關鍵詞：玉米、產量、外來種源、F_1雜種、雜種優勢。

前　言

玉米的生育常因栽培地點、期作環境的不同而有顯著差異，並且有基因型與環境的交感作用存在，顯示基因型的表現極易受環境影響。Kang and Gorman[11]認爲當有基因型與環境之交感作用存在時，評估尤須謹慎，同時在良好環境及逆境中進行選拔，才易於選出適應性良好之基因型。

雜種優勢現象爲育種家發現以來，玉米不同種源間之雜種優勢即被廣泛研究。美國最重要的二個玉米基本育種族群，一爲硬粒種的Lancaster Surecrop，一爲馬齒種的Iowa Stiff Stalk synthetic(BSSS)奠定了美國雜交玉米發展的基礎。由此二基礎族群分離而來的自交系及其雜交種組合具有最高的雜種優勢。其後Wellhausen[20, 21]在墨西哥及中南美洲，系統化檢定出適合熱帶及亞熱帶地區栽培的優良小種複合群(racial complexes)，計有Tuxpeno、Cuban flint(CF)、Coastal tropical flint(CTF)及ETO四個，其中Tuxpeno與其餘三個小種複合群間之雜交組合所表現之雜種優勢最高。而Goodman[6]也指出了熱帶地區十個雜種優勢之型式。另外，地區環境的不同，尙有許許多多適合不同生態環境的雜種優勢模式存在[1,2,3,5,14,15,16]。

美國、西非、加勒比海等地區之居民，偏愛黃色胚乳，常在玉米乳熟期採收食用[18]；而東南亞、台灣及中國大陸沿海的消費者則偏好白胚乳的玉米，亦於乳熟期採收，進行碳烤或水煮後當作休閒之消費品。目前在台灣有關鮮食白玉米之栽培以台南白爲主，一直深受消費者所喜愛，而有關引入外來種源白胚乳自交系相互雜交之F_1雜種之產量表現，可供參考之報告相當有限。

本研究之目的，在於評估外來自交系種源間相互雜交之F_1雜種產量之表現，作爲外來種源當鮮食

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2034號。

2.本所農藝系副研究員、助理研究員與研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

用白玉米育種材料之參考。

材料與方法

本試驗所使用材料，計有下列7個自交系，其名稱、起源、粒型及特性詳列於表1。

表1. 本試驗所使用材料之名稱、起源、粒型及特性

Table 1. Background of inbred lines used in this experiment

Inbred or population	Origin	Kernel type	Characters
Exotic inbred			
CML76	TL89A-1477-7	Flint	Intermediate, High GCA
CML84	TL90B-6364-42	Flint	Intermediate, High GCA, Resistance to lodging
CML93	TL91-1451-77	Flint	Intermediate maturity, High GCA, Resistance to *Turcicum*
CML98	TL88B-6463-15	Dent	Intermediate maturity, High GCA
CML104	TL88A-1427-77	Dent	Intermediate maturity, High GCA
SK160-1	Sliver King derivative	Dent	Intermediate maturity, Tall plant, Large kernel, Sensitive to *Turcicum*
IP123-1	IPTT42 derivative	Flint	Intermediate maturity, Medium kernel
Native population			
TNW(ck)	Taichung population	Dent	Intermediate maturity, Large kernel

上述七個外來種源自交系相互雜交之F_1雜種，及八個不同地區等量種子混合之台南白族群（對照種）為材料，自交系於1995年春（3月28日）進行農藝性狀之調查，而F_1雜種及八個不同地區等量種子混合之台南白族群於1995年春（3月28日）、夏（5月9日）、秋（9月4日）及冬季裡作（10月26日）在農試所試驗田進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計(RCBD)，四重複，小區行長6m，三行區，行株距為80×30cm。公頃三要素肥料量為N：P_2O_5：K_2O＝200：90：60kg。基肥以台肥39號複合肥料(N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12)500kg/ha施用，即氮素60kg及磷、鉀肥全量於施基肥時一次施用，其餘氮素140kg則待玉米長至齊膝期以硫酸銨(N＝21%)當追肥施用，再進行培土。田間管理之工作，如除草、中耕、培土、病蟲害防治及灌溉，依實際需要進行之。

生育期間調查各農藝性狀，包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重（乳熟期）、穗徑、穗長、行數、單行籽粒數、果穗乾重（生理成熟期）、籽粒乾重、籽粒深度、百粒重及百粒體積。各項農藝性狀之調查方法如下：

(1)開花期(days to tasseling)：係指由播種日起至小區中50%植株達雄穗開花所需之日數。

(2)吐絲期(days to silking)：係指由播種日起至小區中50%植株達雌穗開始吐絲所需之日數。

(3)株高(plant height)：每小區逢機10株，於植株雄穗開花後，由地面至雄穗穗頸節之平均高度，以cm表示。

(4)穗位高(ear height)：每小區逢機10株，於雌穗吐絲後，由地表至最上位雌穗著生節位之平均高度，以cm表示。

(5)果穗鮮重(ear fresh weight)：於乳熟期每小區逢機採收5穗，剝掉苞葉後鮮果穗之平均重量，以g/ear

表示。

(6)穗徑(ear diameter)：上述乳熟期之5個逢機果穗，剝掉苞葉後，果穗中間部位寬度之平均直徑，以mm表示。

(7)穗長(ear length)：上述乳熟期之5個逢機鮮果穗，量其整穗長度之平均值，以cm表示。

(8)行數(row number)：乳熟期採收之5個逢機果穗，調查每穗行數所得之平均籽粒行數。

(9)單行籽粒數(kernel number)：於乳熟期採收之5個逢機果穗，每穗逢機選取果穗上之一行，數其籽粒數之平均值，以No./row表示。

(10)果穗乾重(ear dry weight)：達生理成熟期之5個逢機果穗，以70℃之烘乾機烘7天，待回溫至常溫下，稱其果穗乾重，以g/5 plant表示。

(11)籽粒乾重(grain dry weight)：達生理成熟期之烘乾果穗，脫粒後籽粒(15.5%水分)之重量，以g/5 plant表示。

(12)籽粒深度(kernel depth)：達生理成熟期之烘乾果穗脫粒後，每小區取10粒量其深度之平均值，以mm表示。

(13)百粒重(100-kernel weight)：達生理成熟期烘乾之5個果穗籽粒，逢機取100粒，秤其重量，以g表示。

(14)百粒體積(100-kernel volume)：上述烘乾之5逢機果穗之籽粒，逢機取100粒，利用排水法，以100ml之量筒，加上40ml水後，再倒入100粒種子，震動排出種子表面氣泡後，記錄其上升之體積，以ml表示。

四期作之資料各別進行變方分析及平均值顯著性比較。

結　果

本試驗所使用自交系材料，有CML76、CML84、CML93、CML98、CML104、SK160-1及IP123-1。SK160-1係由Sliver King品種自交分離而來；IP123-1係由IPTT42分離而來；而CML76、CML84、CML93、CML98與CML104係由CIMMYT引入，屬中熟，具有高的一般組合力（表1）。其農藝性狀之調查顯示七個外來自交系其開花期之變異介於61~65天，吐絲期介於62~70天，株高介於148~165cm，穗位高介於67~90cm，鮮果穗重介於51~89g/ear，穗長介於9~16cm，穗徑介於32~43mm，行數介於10~16，單行籽粒數介於10~15，百粒重介於17.6~27.4g，百粒體積介於17~28ml，籽粒深度介於5.4~9.2mm，果穗乾重介於92~220g/5plant，而其籽粒乾重則介於63~167g/5plant（表2）。由此7個自交系相互雜交而來的21個F_1雜種，與台南白族群在四個不同期作進行評估試驗之各別變方分析結果（表略），顯示在春作、秋作及冬季裡作環境下，基因型間在所有的性狀均達極顯著差異；而夏作環境下，除了籽粒深度外，其它性狀在基因間均達極顯著差異。

外來種源自交系相互雜交之F_1雜種，在春作環境下（表3），顯示其開花期及吐絲期分別介於57.5~60.0日與60.8~66.0日，一般呈現較台南白來得早開花及吐絲。株高及穗位高介於177~240cm與79~135cm之間，所有的F_1雜種均未明顯的高於對照種台南白。21個雜交種中有10個之果穗鮮重明顯大於對照種台南白(148 g/ear)。穗徑的表現，21個雜交種中，即有20個較對照種（台南白）大。穗長則僅SK160-1×CML93(19.5cm)較台南白(17.7cm)來得長外，其餘20個組合則與對照種台南白相近或短小。行數則呈現所有的組合均大於對照種，其範圍介於12.3~15.5之間。大部分組合之單行籽粒數均少於對照種。果穗乾重及籽粒乾重方面，呈現大於對照種的組合分別有9個及5個，顯示部份外來自交系間之F_1雜種有高產的潛能存在。籽粒深度方面，除了CML84×CML76明顯的小於台南白外，其餘表現相近。百粒重及百粒體積之表現，21個F_1雜種中，沒有任何一組合明顯的大於對照種，即大部份組合均具有較小之籽粒體積及重量。

表2. 春作環境下7個外來自交系14個性狀之平均值

Table 2. Means of 14 traits of seven exotic inbred lines evaluated in spring of 1995

Inbred lines	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML 76	61	62	156	67	51	35	11
CML 84	63	68	148	69	56	42	9
CML 93	64	66	156	76	72	35	14
CML 98	63	64	180	78	89	43	12
CML 104	64	67	145	80	65	32	11
SK 160-1	65	70	165	90	70	34	16
IP 123-1	63	67	150	81	60	42	14

(Continue Table 2)

Inbred lines	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML 76	12-14	11	95	86	6.9	24.4	21
CML 84	12	10	145	108	5.4	24.8	28
CML 93	14-16	13	107	84	6.5	17.6	17
CML 98	12-14	15	220	167	9.2	24.6	20
CML 104	10	15	124	96	6.1	26.5	20
SK160-1	12	10	125	100	8.0	27.4	30
IP123-1	12	14	92	73	7.2	23.5	21

表3. 春作環境下21個 F₁ 雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 3. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in spring of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	59.8	63.2	228	116	185	46.3	16.0
CML76 × CML98	59.8	63.0	198	87	218	49.5	15.5
CML76 × CML93	57.5	62.0	207	95	186	46.3	15.5
CML104 × CML98	60.0	62.0	218	118	214	50.3	15.5
CML104 × CML93	60.3	63.3	218	115	202	46.0	17.0
CML104 × CML76	58.8	63.3	190	82	171	47.0	15.5
CML84 × CML98	61.8	64.8	210	104	168	47.3	15.3
CML84 × CML93	60.0	63.3	211	108	215	47.0	18.0
CML84 × CML76	59.0	63.5	177	79	111	43.8	13.3
CML84 × CML104	59.0	63.5	198	93	169	46.0	15.0
SK160-1 × CML98	60.8	63.0	240	135	238	48.8	17.8
SK160-1 × CML93	60.5	63.5	228	135	222	47.0	19.5
SK160-1 × CML76	60.3	63.0	227	118	210	47.5	17.3
SK160-1 × CML104	59.0	63.0	199	103	169	44.3	18.3
SK160-1 × CML84	62.0	66.0	211	110	154	41.8	17.0
IP123-1 × CML98	60.0	63.0	204	99	228	51.0	16.0
IP123-1 × CML93	59.3	62.5	202	105	232	50.3	17.5
IP123-1 × CML76	57.8	60.8	199	95	245	51.0	17.8
IP123-1 × CML104	57.8	62.0	191	98	181	49.0	15.0
IP123-1 × CML84	60.5	63.0	203	109	183	49.5	14.8
IP123-1 × SK1601-1	59.3	63.0	199	108	168	46.3	17.3
TNW (ck)	61.2	64.3	251	139	148	40.0	17.7
$LSD_{0.05}$	1.7	1.8	14	11	46	3.3	1.8

(Continue Table 3)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	14.0	27.2	528	411	9.8	26.0	22.3
CML76 × CML98	13.8	29.0	596	478	10.3	26.9	22.3
CML76 × CML93	14.5	27.3	532	410	9.3	25.5	20.8
CML104 × CML98	13.5	20.8	575	449	10.8	29.7	26.0
CML104 × CML93	12.8	24.3	583	430	10.0	30.9	25.3
CML104 × CML76	11.8	21.3	457	347	10.3	30.4	26.0
CML84 × CML98	14.8	25.0	436	330	9.9	22.5	19.3
CML84 × CML93	14.3	27.3	604	418	9.5	25.5	21.3
CML84 × CML76	12.3	21.5	331	233	8.1	20.0	16.8
CML84 × CML104	13.0	25.5	465	335	9.7	23.6	20.5
SK160-1 × CML98	14.3	32.8	620	505	10.7	25.8	22.8
SK160-1 × CML93	13.8	30.3	579	446	9.5	29.0	24.0
SK160-1 × CML76	12.8	29.3	575	457	10.1	28.0	23.3
SK160-1 × CML104	13.0	26.8	452	343	9.8	24.9	22.5
SK160-1 × CML84	13.5	21.3	379	272	9.1	24.4	20.8
IP123-1 × CML98	15.5	26.8	598	487	10.5	26.7	23.0
IP123-1 × CML93	15.0	29.3	682	483	9.4	28.7	22.5
IP123-1 × CML76	14.5	29.3	687	525	10.3	30.7	25.3
IP123-1 × CML104	13.5	24.3	513	376	10.0	29.5	25.5
IP123-1 × CML84	14.0	23.0	522	390	9.4	27.5	22.5
IP123-1 × SK1601-1	13.5	25.3	486	388	10.1	29.1	25.0
TNW (ck)	8.7	32.2	429	347	9.9	32.2	28.7
$LSD_{0.05}$	1.2	4.8	137	111	0.8	3.2	2.6

在夏作環境下（表4），外來自交系間之F_1雜種之開花及吐絲期均較早於台南白。株高及穗位高則較矮於台南白；果穗鮮重除了CML93 × CML98、CML104 × CML98、CML104 × CML76、CML84 × CML93、SK160-1 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76與台南白相近外，其餘大部份組合均較對照種台南白來得低產。穗徑明顯大於台南白的有CML 104 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等四個組合。穗長的表現，21個組合中有CML84 × CML93、SK160-1 × CML98、SK160-1 × CML76、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等與台南白相近。21個F_1雜種的行數均明顯的大於台南白。單行籽粒數方面，並沒有任何一組合明顯多於對照種。果穗乾重及籽粒乾重二個性狀，計有CML93 × CML98、CML104 × CML98、SK160-1 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等組合表現優於或相近於對照種。除了CML104 × CML98、CML104 × CML76及IP123-1 × CML76與台南白較相近外，其餘籽粒深度均較台南白小。百粒重及百粒體積方面，所有的F_1雜種均明顯小於對照種台南白。

在秋作環境下（表5）21個F_1雜種中，其開花期及吐絲期較對照種台南白晚的分別有18及15個組合。株高方面，除了SK160-1 × CML98較台南白高外，其餘相近或較矮；穗位高方面，則僅SK160-1 × CML98及SK160-1 × CML93較高於台南白，其餘亦相近或較低。鮮果穗重的表現，21個組合中，即有10個較台南白高產。所有的F_1組合其穗徑均較台南白粗大。穗長僅SK160-1 × CML93較台南白長外，其餘如CML 104 × CML93、CML84 × CML93、SK160-1 × CML93及IP123-1 × SK160-1等則與台南白相近。所有外來F_1雜種之行數均大於台南白。單行籽粒數則僅SK160-1 × CML93與台南白相近，其餘大部份組合則具較少之籽粒數。就果穗乾重及籽粒乾重觀之，21個F_1雜種中分別有17及18個較台南白來得高產。所有的F_1雜種與對照種台南白間籽粒深度並沒有明顯差異。而所有的F_1雜種

表4. 夏作環境下21個 F_1 雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 4. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in summer of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	53.8	57.0	173	73	126	42.3	13.9
CML76 × CML98	53.3	56.8	167	61	100	39.3	14.5
CML76 × CML93	53.3	56.5	167	71	100	40.8	14.1
CML104 × CML98	52.3	55.5	155	69	129	45.3	13.7
CML104 × CML93	53.5	56.3	156	75	104	42.3	13.7
CML104 × CML76	53.5	57.5	145	59	137	43.8	14.2
CML84 × CML98	54.0	57.3	171	71	76	39.2	12.3
CML84 × CML93	54.0	57.8	169	75	132	41.8	14.9
CML84 × CML76	54.8	60.0	153	56	106	41.8	13.7
CML84 × CML104	53.3	56.0	157	68	79	39.8	11.0
SK160-1 × CML98	54.0	57.3	176	80	150	42.5	17.0
SK160-1 × CML93	54.5	57.3	179	93	100	42.0	13.4
SK160-1 × CML76	54.8	59.5	176	83	119	40.5	15.1
SK160-1 × CML104	53.5	57.0	156	70	66	37.5	12.1
SK160-1 × CML84	55.0	60.3	168	73	64	33.3	12.2
IP123-1 × CML98	53.0	57.8	164	70	139	45.8	14.5
IP123-1 × CML93	53.8	56.0	172	81	152	45.8	15.5
IP123-1 × CML76	52.5	55.5	167	74	148	47.5	15.0
IP123-1 × CML104	53.2	56.5	146	66	102	44.5	11.7
IP123-1 × CML84	54.5	57.8	164	71	99	44.3	13.2
IP123-1 × SK1601-1	54.0	57.3	159	71	70	33.8	11.1
TNW (ck)	58.0	63.0	191	87	125	40.5	15.0
$LSD_{0.05}$	1.2	2.1	12	9	52	4.7	3.0

(Continue Table 4)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	12.5	21.5	280	205	8.9	19.1	17.5
CML76 × CML98	12.0	16.3	176	117	7.7	18.0	15.8
CML76 × CML93	12.5	14.8	221	136	7.8	19.4	16.5
CML104 × CML98	12.0	18.0	281	198	9.4	21.6	20.3
CML104 × CML93	11.3	13.8	224	141	8.1	21.4	19.3
CML104 × CML76	11.5	20.8	262	183	9.1	20.0	19.3
CML84 × CML98	12.0	11.5	131	83	7.9	14.5	13.0
CML84 × CML93	12.0	19.8	269	150	7.9	17.2	14.8
CML84 × CML76	12.5	16.0	179	115	7.7	14.9	14.5
CML84 × CML104	11.3	12.8	153	97	7.6	17.1	17.5
SK160-1 × CML98	12.8	22.5	293	220	8.6	18.5	17.8
SK160-1 × CML93	12.8	17.3	188	125	8.5	19.5	17.5
SK160-1 × CML76	11.5	16.3	225	151	8.4	17.7	16.8
SK160-1 × CML104	10.8	10.3	107	67	8.3	20.4	20.3
SK160-1 × CML84	12.5	15.0	117	73	8.6	16.3	14.0
IP123-1 × CML98	14.0	20.5	281	205	8.8	20.0	19.3
IP123-1 × CML93	12.8	21.3	340	219	8.3	20.9	18.3
IP123-1 × CML76	13.8	20.0	332	228	9.2	22.0	18.5
IP123-1 × CML104	12.5	13.5	210	138	8.9	22.0	22.0
IP123-1 × CML84	12.3	15.3	188	125	8.7	19.4	18.0
IP123-1 × SK1601-1	11.8	12.0	142	108	8.3	19.2	18.0
TNW (ck)	8.2	23.0	249	186	9.3	27.2	24.8
$LSD_{0.05}$	1.1	7.2	121	93	1.8	3.8	3.1

表5. 秋作環境下21個F_1雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 5. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in fall of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	52.3	54.3	227	107	288	51.5	18.1
CML76 × CML98	52.0	54.8	206	89	266	53.0	16.5
CML76 × CML93	51.8	55.8	217	99	290	51.3	17.9
CML104 × CML98	50.0	52.0	200	96	269	53.8	17.2
CML104 × CML93	52.3	54.5	218	103	289	51.0	19.4
CML104 × CML76	50.5	53.5	193	91	296	53.0	17.9
CML84 × CML98	53.3	54.5	222	105	262	52.0	17.5
CML84 × CML93	52.8	55.3	209	98	311	52.8	19.6
CML84 × CML76	51.8	55.0	193	85	237	52.0	17.3
CML84 × CML104	52.5	55.0	213	101	270	51.3	18.8
SK160-1 × CML98	52.5	55.8	235	125	280	51.5	18.9
SK160-1 × CML93	51.8	55.0	240	125	372	53.3	21.6
SK160-1 × CML76	53.0	56.3	226	110	322	54.0	19.3
SK160-1 × CML104	52.8	55.8	211	107	236	49.2	18.6
SK160-1 × CML84	52.8	56.8	229	115	269	53.5	18.1
IP123-1 × CML98	50.8	52.0	196	87	241	55.0	16.4
IP123-1 × CML93	51.3	53.0	210	103	279	55.3	18.0
IP123-1 × CML76	51.0	53.0	197	87	279	56.0	17.9
IP123-1 × CML104	50.5	52.3	193	89	244	53.3	16.8
IP123-1 × CML84	53.8	54.8	208	101	320	57.5	18.2
IP123-1 × SK1601-1	52.3	55.5	214	108	273	54.2	19.0
TNW (ck)	48.5	51.3	222	108	218	44.8	19.0
$LSD_{0.05}$	2.2	2.3	15	11	55	2.1	2.0

(Continue Table 5)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	14.4	33.1	888	746	12.3	36.1	27.0
CML76 × CML98	14.1	28.7	811	692	12.2	35.8	29.5
CML76 × CML93	13.6	35.3	904	751	11.6	34.0	30.0
CML104 × CML98	13.6	33.6	845	708	12.3	34.8	30.0
CML104 × CML93	12.7	32.0	898	707	11.8	40.7	33.0
CML104 × CML76	13.2	32.6	932	794	12.5	37.9	31.5
CML84 × CML98	14.3	34.0	814	679	11.5	30.5	27.5
CML84 × CML93	13.9	35.0	964	777	11.5	34.2	28.0
CML84 × CML76	14.1	33.4	772	630	11.2	30.6	25.5
CML84 × CML104	13.5	35.0	855	688	11.8	31.1	28.0
SK160-1 × CML98	14.0	33.9	802	697	11.6	33.3	28.5
SK160-1 × CML93	13.2	39.9	1125	945	12.3	41.6	30.0
SK160-1 × CML76	12.6	34.5	927	792	12.4	39.3	33.5
SK160-1 × CML104	12.9	32.4	774	646	12.2	35.4	31.5
SK160-1 × CML84	14.5	32.3	805	686	11.9	33.0	28.5
IP123-1 × CML98	14.8	24.6	708	597	11.9	37.9	29.5
IP123-1 × CML93	13.7	31.5	875	689	11.6	41.1	31.0
IP123-1 × CML76	14.0	27.6	842	686	12.0	41.2	31.5
IP123-1 × CML104	13.6	29.2	756	623	11.8	36.5	30.5
IP123-1 × CML84	15.0	29.8	944	754	11.7	41.2	33.5
IP123-1 × SK1601-1	13.9	31.4	816	709	12.2	39.9	34.5
TNW (ck)	8.0	37.0	635	557	12.0	41.4	34.0
$LSD_{0.05}$	1.0	4.7	156	96	0.7	4.0	4.3

中，並沒有任何一個百粒重及百粒體積較對照台南白大。

在冬季裡作環境下（表6），大部分組合之開花期與吐絲期與台南白相近，分別介於49.5-54.0天及51.8-58.8天之間。大部份組合株高及穗位高則低於對照種台南白。果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等之表現，幾乎所有的組合均高於對照種台南白。穗徑方面，所有F_1雜種均較台南白大；穗長則有13個組合較台南白長。所有F_1雜種組合之行數均大於台南白；單行籽粒數，則有10組合明顯的大於台南白。籽粒深度，則僅有CML104 × CML98 、 SK160-1 × CML76及SK160-1 × CML104等較台南白大。百粒重及百粒體積，則僅有少數組合與台南白相近，其餘均較台南白小。

以四個期作平均而言（表7），多數外來F_1雜種之開花期與台南白相近；而吐絲期僅SK160-1 × CML84較晚於台南白。株高及穗位高方面，並沒有任何一個組合較台南白來的高。就果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重來看，21個外來F_1雜種中，分別有19, 19及16個組合較台南白高產。穗徑及行數二個性狀，則所有的外來F_1雜種均較台南白高出許多。穗長方面，則僅SK160-1 × CML98及SK160-1 × CML93較台南白長，其餘則相近。另就單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積比較，則沒有任何F_1雜種之此四項數值大於台南白。

討 論

由CIMMYT引進之種源(CML76 、 CML84 、 CML93 、 CML98及CML104)及外來族群自交分離之自交系(SK160-1 、 IP123-1)相互雜交之21個F_1組合，經四個期作評估試驗，結果顯示，期作間差異很大，開花期與吐絲期以春作最長，係由於春作玉米幼苗期溫度由低至高，初期營養生長緩慢，故其開花及吐絲呈現較其它三個期作長。果穗鮮重、乾果穗重及籽粒乾重等產量表現，冬季裡作與秋作均優於春作與夏作，此可能由於秋作及冬季裡作籽粒充實期間，正值低溫期，致使籽粒充實期增長及開花後有較高比例的乾物質累積，故籽粒產量表現較為突出；春作營養期正值低溫，而生殖期則處於高溫及長日照，由於供源充足但籽粒充實期短，不利於乾物質累積，故表現低於秋作及冬季裡作；夏作，營養生長期及生殖生長期均處於高溫且雨水多，不利於植株生長，又加速葉片老化，故籽粒產量極差[9,10,12]。上述結果顯示，這些外來自交系間相互雜交之F_1組合，在秋作及冬季裡作較在春作及夏作環境下，更可充分發揮其產量潛能。

不論任何期作環境下，此7個外來自交系相互雜交的F_1雜種，均呈現較粗的穗徑及較多的籽粒行數(12~16)，以及較小百粒重及百粒體積。在春作環境下，21個F_1雜種中，有10個優於對照種台南白。在夏作高溫、多濕的環境下，僅部份F_1雜種與台南白相近。在秋作環境下，大部份組合較對照台南白晚開花及吐絲，同時約有一半的F_1雜種其果穗鮮重優於台南白；而達生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重，除了4個組合與台南白相近外，其餘均較對照種台南白高產。在冬季裡作環境下，21個F_1雜種之果穗鮮重均較對照種台南白高產，同時其生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重也呈現相同趨勢。大部份F_1雜種在四個期作的平均表現，乳熟期之果穗鮮重及生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重均較對照種台南白來得高產。由此推測，此外來自交系相互雜交之F_1雜種，較適合於台灣秋作及冬季裡作之環境特性。

一般熱帶型種源對逆境、病及蟲具有良好之抗性。引進外來種源可擴大種源間遺傳歧異度，增加雜種優勢之表現[19]，作為病、蟲害及逆境抗性之基因來源[7]，增加產量之有利基因，使產量增加[13]。Holley and Goodman[8]指出由熱帶種源分離之自交系，在溫帶地區，其農藝性狀之表現一般較差，但其與溫帶種源之測交種，幾乎都具有良好的產量表現。本試驗所使用的外來自交系間之F_1雜種與Shieh and Thseng[17]在相同試驗田及種植期之台南白族群所育成的F_1雜種相比較，顯示除夏作外，在春、秋及冬季裡作均以外來自交系間之F_1雜種具有較高的產量表現，其平均增加幅度在春、秋及冬季裡作分別為18.9 、 17.2及32.6% 。因此由本試驗結果可看出部分外來種源之間存在較高雜種優勢，或可用於鮮

表6. 冬季裡作作環境下21個F_1雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 6. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in winter of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	51.8	54.5	174	73	283	52.0	18.4
CML76 × CML98	51.8	54.8	155	63	304	53.8	17.5
CML76 × CML93	50.0	52.5	169	65	289	53.8	18.6
CML104 × CML98	51.8	54.2	172	69	318	54.0	18.8
CML104 × CML93	51.8	54.5	172	72	331	52.8	19.8
CML104 × CML76	51.8	54.5	158	66	311	54.8	17.5
CML84 × CML98	53.0	57.0	170	68	281	51.0	19.1
CML84 × CML93	51.3	54.3	164	72	336	54.0	19.9
CML84 × CML76	51.0	54.0	150	59	296	55.0	17.6
CML84 × CML104	54.0	57.8	165	66	284	50.5	19.3
SK160-1 × CML98	52.8	57.3	208	97	332	52.8	21.5
SK160-1 × CML93	53.5	57.3	196	98	362	53.2	21.0
SK160-1 × CML76	54.0	58.3	188	84	372	57.3	19.8
SK160-1 × CML104	52.8	58.0	178	79	358	53.8	22.0
SK160-1 × CML84	52.8	58.3	176	78	374	56.0	21.8
IP123-1 × CML98	50.3	52.3	165	69	349	55.8	20.4
IP123-1 × CML93	51.5	53.5	167	71	359	54.2	21.1
IP123-1 × CML76	49.5	51.8	146	58	349	56.0	19.9
IP123-1 × CML104	51.8	53.8	152	66	360	56.0	19.8
IP123-1 × CML84	53.0	56.0	155	70	305	56.3	19.4
IP123-1 × SK1601-1	54.0	58.8	178	77	368	55.8	21.8
TNW (ck)	52.5	56.0	221	101	200	45.5	18.2
$LSD_{0.05}$	2.0	3.1	14	10	37	2.3	1.5

(Continue Table 6)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	13.2	32.2	895	732	11.5	37.1	31.5
CML76 × CML98	13.8	31.5	962	810	12.1	36.7	31.0
CML76 × CML93	14.2	32.5	987	815	11.6	36.6	29.5
CML104 × CML98	13.0	31.8	989	804	12.5	40.1	34.0
CML104 × CML93	13.3	34.5	1048	846	11.9	40.0	33.5
CML104 × CML76	13.5	31.0	965	796	12.4	41.3	36.0
CML84 × CML98	12.8	34.5	856	700	11.0	31.1	27.5
CML84 × CML93	14.0	34.3	1072	845	11.5	37.9	33.5
CML84 × CML76	14.5	31.8	946	777	11.8	35.1	29.5
CML84 × CML104	12.8	34.5	871	693	11.5	34.4	30.5
SK160-1 × CML98	13.3	37.0	1002	841	11.9	36.7	32.0
SK160-1 × CML93	13.3	35.2	1115	896	11.6	40.9	35.0
SK160-1 × CML76	13.3	34.8	1110	938	12.9	43.6	36.0
SK160-1 × CML104	12.0	35.8	1043	869	12.5	42.4	37.5
SK160-1 × CML84	13.8	37.2	1107	892	12.2	38.1	33.0
IP123-1 × CML98	13.5	32.8	1077	884	11.8	42.1	35.5
IP123-1 × CML93	13.3	33.5	1145	870	10.7	43.2	36.0
IP123-1 × CML76	14.0	31.8	1110	897	11.8	42.9	36.0
IP123-1 × CML104	13.3	31.3	1104	867	11.9	44.8	38.5
IP123-1 × CML84	13.5	27.3	980	751	11.4	42.8	35.5
IP123-1 × SK1601-1	11.8	34.5	1099	917	11.8	46.0	40.5
TNW (ck)	8.0	30.8	706	599	11.7	45.0	38.5
$LSD_{0.05}$	0.9	3.1	119	105	0.7	3.2	3.1

表7. 四個期作下21個F_1雜交種與台南白14個性狀之平均值

Table 7. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in four crop seasons of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	54.3	57.2	200	92	220	48.0	16.6
CML76 × CML98	54.2	57.3	182	75	222	48.9	16.0
CML76 × CML93	53.1	56.7	190	83	216	48.0	16.5
CML104 × CML98	53.6	55.9	186	88	233	50.8	16.3
CML104 × CML93	54.4	57.1	191	91	231	48.0	17.4
CML104 × CML76	53.6	57.2	172	74	229	49.6	16.3
CML84 × CML98	55.5	58.4	193	87	196	47.4	16.0
CML84 × CML93	54.5	57.6	188	88	248	48.9	18.1
CML84 × CML76	54.1	58.1	168	70	187	48.1	15.5
CML84 × CML104	54.7	58.0	183	82	201	46.9	16.0
SK160-1 × CML98	55.0	58.3	215	109	250	48.9	18.8
SK160-1 × CML93	55.1	58.2	210	113	264	48.9	18.8
SK160-1 × CML76	55.5	59.2	204	99	256	49.8	17.9
SK160-1 × CML104	54.5	58.4	186	90	207	46.2	17.7
SK160-1 × CML84	55.6	60.3	196	94	215	46.1	17.1
IP123-1 × CML98	53.5	55.8	182	81	239	51.9	16.8
IP123-1 × CML93	54.0	56.2	187	90	255	51.4	18.0
IP123-1 × CML76	52.7	55.3	177	78	255	52.6	17.6
IP123-1 × CML104	53.3	56.1	171	80	221	50.7	15.8
IP123-1 × CML84	55.4	57.9	183	88	227	51.9	16.4
IP123-1 × SK1601-1	54.9	58.6	188	89	220	47.5	17.3
TNW (ck)	55.0	58.6	221	108	173	42.6	17.5
$LSD_{0.05}$	0.9	1.2	7	6	27	1.9	1.2

(Continue Table 7)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	13.5	28.5	648	523	10.6	29.6	24.6
CML76 × CML98	13.4	26.4	636	524	10.6	29.4	24.6
CML76 × CML93	13.7	27.5	661	528	10.1	28.8	24.2
CML104 × CML98	13.0	26.0	673	540	11.2	31.6	27.6
CML104 × CML93	12.5	26.1	688	531	10.5	33.2	27.7
CML104 × CML76	12.5	26.4	654	530	11.1	32.4	28.2
CML84 × CML98	13.5	26.3	559	448	10.1	24.7	21.8
CML84 × CML93	13.5	29.1	727	548	10.1	28.7	24.4
CML84 × CML76	13.3	25.9	557	439	9.7	25.2	21.6
CML84 × CML104	12.6	26.9	586	453	10.1	26.5	24.1
SK160-1 × CML98	13.6	31.5	679	566	10.7	28.5	25.2
SK160-1 × CML93	13.2	30.6	752	603	10.4	32.8	26.6
SK160-1 × CML76	12.5	28.7	709	584	11.0	32.2	27.4
SK160-1 × CML104	12.2	26.3	594	481	10.7	30.8	27.9
SK160-1 × CML84	13.6	26.4	602	481	10.5	27.9	24.1
IP123-1 × CML98	14.4	26.2	666	543	10.8	31.7	26.8
IP123-1 × CML93	13.7	28.9	761	565	10.0	33.5	26.9
IP123-1 × CML76	14.1	27.2	743	584	10.8	34.2	27.8
IP123-1 × CML104	13.2	24.5	645	501	10.7	33.2	29.1
IP123-1 × CML84	13.7	23.8	658	505	10.3	32.7	27.4
IP123-1 × SK1601-1	12.7	25.8	636	531	10.6	33.5	29.5
TNW (ck)	8.3	30.6	505	422	10.7	36.4	31.5
$LSD_{0.05}$	0.6	3.0	75	63	0.6	1.9	1.8

食用白玉米族群改良來增加其有利基因頻度，或可直接用於F_1雜種之生產[4]。而外來種源之F_1雜種有較高產量之表現，可能係外來種源本身之間的遺傳歧異性較大所致。但此自交系屬磨粉用硬粒胚乳型之白玉米種源，一般具有脫水速率較台南白快之現象，因而縮短了F_1雜種的採收期間等不利因素存在，應用時更應謹慎選擇材料，才易於將優點應用於白玉米育種上[6]。因此利用外來種源於台灣鮮食用白玉米之育種上，除了已知可在產量潛能上發揮外，未來是否爲一般消費者所喜愛，仍有待進一步評估其食用品質之好壞。

引用文獻

1. Beck, D. L., S. K.Vasal, and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. Maydica 35:279-285.
2. Chen, Y. H., C. E. Zhang, Z. B. Peng, X. Z. Liu, and J. X. Jia. 1996. The preliminary study on the heterosis models for Tangsipingtou population × Reid population of corn. Acta Agric. Boreali-Sinica 11(3):20-24.
3. Eduardo, L. B., and J. W. Dudley. 1989. Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportion of flint × dent germplasm. Crop Sci. 29:570-577.
4. Everett, L. A., J. T. Eta-Ndu, M. Ndioro, and P. Walker. 1995. Combining ability among source populations for tropical mid-altitude maize inbreds. Maydica 40:165-171.
5. Eyherabide, G. H., and A. S. Gonzalez. 1997. Interactions between testers and Argentina maize landrace. Maydica 43:29-38.
6. Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplasm: statue, prospects, and remedies. Iowa State J. Res. 59:497-527.
7. Holland, J. B., and M. M. Goodman. 1995. Combining ability of tropical maize accessions with U.S. germplasm. Crop Sci. 35:767-773.
8. Holley, R. N., and M. M. Goodman. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. Crop Sci. 28:213-218.
9. Hong, M. C., H. Tu, and F. S. Thseng. 1984. Variation of yield formation of maize in spring and fall cropping season. J. Agric. Assoc. China 125:61-70.
10. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57:1127-1134.
11. Kang, M. S., and D. P. Gorman. 1989. Genotype × environment interaction in maize. Agron. J. 81:662-664.
12. Lu, S. W. 1985. Source, sink and nutrients partion in relation to the grain yield of maize (*Zea mays* L.) grown in different crop seasons. M.S. thesis. Graduate Institute of Agronomy, National Chung-Hsing University.
13. Michelini, L. A., and A. R. Hallauer. 1993. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. Maydica 38:275-282.
14. Ord'as, A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish population of maize. Crop Sci. 31:931-935.
15. Revilla, P., and W. F. Tracy. 1997. Heterotic patterns among open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3):319-324.
16. Sinobas, J., and I. Monteagudo. 1996. Heterotic patterns among U.S. corn belt and Spanish maize population. Maydica 41:143-148.
17. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1999. Yield potential of F_1 hybrids derived from Tainan-white maize populations grown in different crop seasons. Jour. Agric. Res. China 48(1):22-39.
18. Spaner, D., R. A. Brathwaite, and D. E. Mather. 1996. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. Euphytica 90:65-72.
19. Uhr, D. V., and M. M. Goodman. 1995. Temperate maize inbreds derived from tropical germplasm: II. Inbred yield trails. Crop Sci. 35:385-390.
20. Wellhausen, E. J. 1965. Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20th Ann. Hybrid Corn 2nd. Res. Conf. PP.31-45.
21. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in tropics. *In*: Walden, D.B.(ed). Maize Breeding and Genetics pp.59-84. Wiley, New York.

Yield Potential of F_1 Hybrids Among Exotic White Endosperm Inbred Lines of Maize[1]

Guang-Jauh Shieh , Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Twenty-one F_1 hybrids derived from seven exotic maize inbred lines (CML76, CML84, CML93, CML98, CML104, SK160-1 and IP123-1) and open-pollinated Tainan-white (TNW) population were used as materials to evaluate the heterosis and yield potential for green corn. Experiment was conducted at Taiwan Agricultural Research Institute in four crop seasons of 1995. The results showed that these F_1s' have more kernel number and ear diameter than TNW, while the 100-kernel weight and 100-kernel volume were smaller TNW. Most of F_1 hybrids among exotic inbred lines produced higher yield than that TNW for ear fresh weight and grain dry weight in the fall and winter crop seasons. It is expected that information of heterosis investigated among these exotic inbred lines will be very useful for domestic breeding program.

Key words : Maize,Yield, Exotic germplasm, F_1 hybrid, Heterosis.

---

1. Contribution No.2034 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Associate Agronomist, Assistant Agronomist, and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.